

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁶

H01M 4/24

[12] 发明专利申请公开说明书

H01M 4/42 H01M 4/06

H01M 4/12

[21] 申请号 97192179.2

[43]公开日 1999年3月10日

[11]公开号 CN 1210624A

[22]申请日 97.10.31 [21]申请号 97192179.2

[30]优先权

[32]96.11.1 [33]US[31]08/742,547

[86]国际申请 PCT/US97/21225 97.10.31

[87]国际公布 WO98/20569 英 98.5.14

[85]进入国家阶段日期 98.8.10

[71]申请人 埃弗里德电池有限公司

地址 美国俄亥俄州

[72]发明人 刘易斯·F·尤里

[74]专利代理机构 上海华东专利事务所

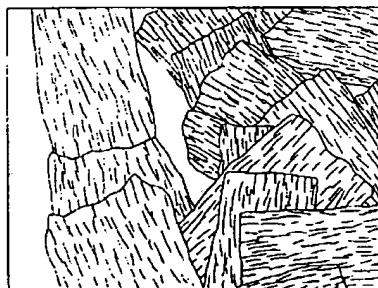
代理人 吴鸿亮

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 电化学电池用的锌阳极

[57]摘要

本发明涉及一种含锌薄片或锌合金薄片的锌阳极的电化学电池,文中揭示了本发明的各种含锌薄片的混合物与普通锌粉比较具有大的平均表面积。



锌薄片

- 3

17. 如权利要求 1、2 或 3 所述的电化学电池,其中所述锌薄片具有 $75 \text{ cm}^2/\text{g}$ 至 $150 \text{ cm}^2/\text{g}$ 的平均表面积。
18. 一种无汞锌阳极的电化学电池,其中所述锌阳极的锌浓度小于 27% (体积)。
19. 一种锌阳极的电化学电池,所述锌阳极的锌浓度小于 28% (体积),其中所述锌阳极含有锌薄片。
20. 如权利要求 18 或 19 所述的电化学电池,其中所述电池包括“AA”型碱性电池,其中所述电化学电池表明在 21°C 室温下至少 10 分钟的 2000mA 恒流至 0.9V 截止电压。
21. 一种无汞锌阳极的电化学电池,其中所述锌阳极含量在 0.36g 锌/cc 阳极体积至 1.56g 锌/cc 阳极体积之间。

说明书

电化学电池用的锌阳极

本发明领域

本发明涉及电化学电池用的锌阳极，尤其是含水碱性电化学电池，更具体地说涉及含锌薄片的锌阳极。

本发明背景

碱性电池已把汞加于锌阳极，以便通过增加锌粒子本身之间的接触，以及锌粒子与集电体之间的接触来提高集电效应。然而，由于环境利害关系，要求把汞从锌中消除时，碱性电池的性能和质量就有所下降。碱性电池中不用汞削弱了电池的防漏特性，耐冲击特性和放电特性。

为解决这些问题已考虑了许多不同的办法。为了减轻与氢气产生有关的泄漏问题，生产了添加有新金属元素（例如，铟、铋、铅、铝等）的锌合金粉末。改善冲击和震动敏感性问题是借助于向阳极添加胶凝剂（例如，羧甲基纤维素、聚丙烯酸钠、聚丙烯酸等）。胶凝剂的作用是改善和增加锌粒子的接触点和定位稳定性。通过使用这些胶凝剂，凝胶负极的粘度提高，抑制了锌粒子的运动。例如，欧洲专利 EP678927 揭示了组合使用三种交联的胶凝剂以便得到抑制震动和改善耐冲击性的效果。由于锌的低反应效率，以及由于电容量比的降低，这会削弱放电特性。日本公开的专利申请 JP7-254405 揭示使用含球状的非汞齐化的锌粉和细长组成部分的胶态负极来增加接触点，以便改善放电性和阳极凝胶的流动性。

鉴于电池内部容积的有限尺寸，电池制造厂商已能将装入电池的活性物质的数量加以限制。为了以最小的有限极化作用提供最大的电化学活性，最理想的是，对活性材料尽可能以低的电流密度来操作电池，而仍能从该系统产生所要求的总电流量。因此，碱性电池

惯常地使用由粉状活性物质制成的电极，以便获得最高可能的表面积/单位重量或单位体积，并从而使电流密度减至最小。在先有技术中，在无汞阳极上为了有效地与阴极电化学电势相匹配所必须的最小数量的锌粉不少于约 28%（体积）。使用较大量的锌会不必要地浪费锌，并且限制每一锌粒子周围的空间，因而限制电池的固体反应产物容量。所以，较高的锌含量会导致工作性能的迅速降低。使用较少量的锌粉会由于粒子对粒子以及粒子对集电体的接触不够而导致电化学输出减少和电压稳定性降低。

惯用的锌粉，如图 1 所示，其特征为不规定形状的粒子，这些粒子的形状从块状或变形的球体到拉长的有结节形状不等。这些粒子常常具有崎岖的或局部的隆起，以及不规则的表面特征。这些粒子的平均表面积可为约 $37\text{cm}^2/\text{g}$ 锌。这些惯用的锌粉是通过熔融锌的空气喷射雾化法生产的。

粒子的尺寸可按其长度、宽度和厚度的三维系进行描述。任何粒子的纵横尺寸比，就是其长度对其宽度之比。深度为另一重要的量纲。深度决定了粒子将通过的最小尺寸的筛孔。深度未必是垂直于宽度、厚度或长度。就典型的电池级锌粉而言，由筛分决定的中等深度大约为 $100\text{--}300\mu\text{m}$ ；而极端范围从 $20\mu\text{m}$ 至 $1000\mu\text{m}$ 。如扫描电子显微镜所分析的那样，典型的粉末深度差不多与宽度相同，纵横尺寸比约为 2（也就是粒子为接近球状至拉长形状）。在惯用的锌粉中，最大的对最小的横向尺寸之比典型地在约 1:1 至 10:1 之间。

本发明的锌薄片尽管具有这些尺寸，但未必要求处于平面定向。薄片也可以是带有折角的变形、中间弯曲的或其他形状的。

武（Vu）等人的美国专利 4 743 185 为了抑制在汞齐化阳极和非汞齐化阳极上形成氢气而使用压缩的锌粉。武等人告诉我们含锌薄片的锌粉仅当它们被压实成密度至少达 6.5g/cc 时才能被用于阳极。

纽曼（Newman）等人的美国专利 5 283 139 揭示了具有锌体积%范围从 17.37 到 25.21 的阳极。然而，这些低锌浓度只有借助于使用汞以增加锌粒子之间导电性才成为可能。

尽管如此，直到目前为止，惯常锌粉末的使用，已要求在无汞阳极中不少于 28%（体积）的锌以便提供足够的导电率。因此，最理想的是，具有一个锌阳极，它能够显著地降低应用于无汞阳极中的锌量，而仍能保持足够的截流基体，同时保持良好导电性，改善了高放电效率，并且解决冲击和震动敏感性问题。

本发明提要

本发明的一个目的是提供一种电化学电池，它具有含锌薄片的阳极。

本发明的另一个目的是提供一种含使用薄片的阳极的一种电化学电池，其中锌薄片是非压实的，并且均匀地混合在阳极内。

本发明的又一个目的是提供一种带阳极的电化学电池，其中锌薄片是被均匀地分散在阳极内，或是遍及阳极体积，或是在由凝胶微结构或胶核产生的浓缩的阳极体积内。

本发明再一个目的是提供一种含无汞锌阳极的电化学电池，其中锌浓度被降至最低，少于 27%（按阳极的体积计算），或在 0.36g/cc 至约 1.56g/cc 的锌密度之间。

从以下的本发明详述和附加的权利要求书将使本发明更多的目的显而易见。

上述种种目的在本发明的较佳实施例中得以实现，在该实施例中是使用一种具有含非压实锌薄片的阳极的电化学电池。锌薄片的效用是提供一种无汞锌阳极，此锌阳极的锌浓度小于 27%（体积）。或者，当锌阳极含锌薄片时，锌阳极锌浓度可小于 28%（体积）。用另一种方法来说，电化学电池能够包括无汞的锌阳极，其中阳极锌含量的密度在约 0.36g 锌/cc 阳极体积至约 1.56g 锌/cc 阳极体积之间。本发明的锌薄片的平均表面积在约 75 cm²/g 至约 150 cm²/g 的范围内。

如上所述，本发明的电化学电池含非压实的锌薄片，换句话说，它是一种具有含锌密度低于 6.5g/cc 的阳极的电化学电池。在本发明的电化学电池中，锌薄片是被均匀地混合在阳极内。锌薄片可以均匀地分散遍及阳极体积，或者均匀地分散在由凝胶微结构或胶核产生的浓缩的阳极体积内。

本发明的锌薄片当然具有厚度、长度和宽度的尺寸。最好每一锌薄片的厚度尺寸至少比长度和宽度尺寸小 10 倍。本发明的电化学电池也可包括锌粉。不过，较理想的是，锌薄片的组分为锌薄片和锌粉末的总混合重量的约 5% 至约 70%。最理想的是，锌薄片的组分为锌薄片和锌粉末的总混合重量的约 5% 至约 30%。本发明的电化学电池含由纯锌组成的锌薄片。或者，锌薄片也可含锌合金。如果锌薄片由纯锌或合金组成，则锌薄片可以用铟镀覆或表面沉积。锌合金可以含一种或多种金属，其选自由以下金属组成的金属组：铟、铋、锂、钙或铝。

本发明的电化学电池最好包含一种碱性电解质，它被分散在整个电化学电池，并且同时与锌充填的阳极以及与含二氧化锰的阴极接触。当然，本发明并不限于此特殊类型的电化学电池。然而，这种含锌薄片的 AA 型碱性电池已证示在 21° 室温下至少有 10 分钟的 2000mA 的恒定电流，电压从初电压下降到 0.90V。

附图简述

图1是用于含水碱性电池的先前技术惯常锌粉的电子显微照相,在特征上显示出粒子的形状和尺寸大小的不规则性。

图2是用于本发明的锌薄片的电子显微照相。

图 3 是对照含锌粉阳极的电池和含锌薄片阳极的电池以 0.9V 系列进行 IEC (国际电气技术委员会) 脉冲试验的电压分布曲线图 (电压对安时/克锌)。

图4是对照含惯常锌粉阳极的电池和含10%锌薄片其余为锌粉的阳极的电池,进行3.9 Ω 持续放电试验的电压分布曲线图。

图 5 是对照含全部锌粉阳极的电池和含 20% (重量) 锌薄片其余为锌粉的阳极的电池, 以 0.910V 系列进行 2000mA 试验的电压分布曲线图(电压对安时/克锌)。

图 6 示出碱性二氧化锰—锌电池的横截面，具体说明均匀地分散的锌粉阳极、浓缩的锌粉阳极、以及均匀地分散的锌薄片阳极。

本发明详述

现在参照图 2，图中示出本发明所用的典型锌薄片。薄片为一比较小的、薄的粒子，它具有大的表面积/克，具有厚度、长度和宽度尺寸。厚度显著地小于任何其他尺寸。薄片可以具有不同的形状，例如鳞状或片状的锌层，具有各种几何形状，例如圆盘、正方形、槽形、三角形、平行四边形、长方形等等。锌薄片还可以有各种形状。例如，薄片可以是扁平的、弯曲的、翘曲的或其他形状或成形的。所需求的形状可根据加工性能或其他最佳化特性进行选择。

典型地，薄片的厚度比接近最小尺寸的宽度或长度至少小 10 倍，较好至少小 20 倍。

最好至少小 80 倍。实际上，为了基本上保持这种粒子层的流动能力，接近最小尺寸的宽度或长度对厚度之比是优先选择在约 20: 1 至约 80: 1 的范围内。本申请者已发现，最薄的粒子产生最佳的电流密度，因此，优选的比例是约 80: 1。已提供有利电流密度的锌薄片的厚度为 0.001 英寸，而平均长度为 0.024 英寸和宽度为 0.024—0.040 英寸。然而，本发明并不限于这些尺寸的锌薄片。

薄片的平均表面积是在约 30 cm²/g 至约 150 cm²/g 范围内。用于本发明的薄片最好具有 121 cm²/g 锌的平均表面积，这样，薄片的表面积按平均计算与典型的粉末相比每个颗粒增加 300%，从而提供良好的接触机理。按此幅度提高表面积，对于同样的锌输入来说，降低电流密度达三分之一。薄片的表面积可用扫描电子显微镜进行测定。本发明使用的锌薄片的振实密度或容积密度为 0.82g/cc，与之相比，惯常的锌粉的振实密度为 3.05g/cc。表 1 示出本发明的锌薄片与惯常的锌粉（以及在此技术中已知的其他锌形式）的振实密度、平均厚度和平均表面积的比较。

表 1

材料	振实密度 (g/cc)	厚度 (μ m)	表面积 (cm ² /g)
薄片	0.82	25	121.3
1230 锌粉	3.05	180	37
针状体	3.19	320	19.7
球体	4.23	316	26.6

本发明中的薄片材料可从市场渠道获得，或者可采用在美国专利 4, 154, 284、4, 242, 069 和 4, 215, 084 中所描述的方法进行制造，通过参考把其中所揭示的工艺具体化。生产锌薄片的一条途径是快速固化技术，利用金属纺丝法来生产金属薄片。使熔融金属成为稀薄的液流，然后将其射向冷却的快速旋转的金属块，从而生产出锌薄片。此方法由（美国）俄亥俄州哥伦布特蓝斯迈脱公司（Transmet corporation of Columbus）实施和商品化。别的快速固化技术包括一旋转抽出盘，该盘从熔池中抽出熔融金属，然后

将其喷射通过惰性气氛而生产出锌薄片。虽然这些方法都适宜于生产本发明用的锌薄片，但本发明并不限于这些方法。

锌薄片可以由纯锌（定义为非合金的锌），或锌合金组成，例如铋-镉-钙、铋-铝、铋-镉、铋-镉-铝或其他金属的锌合金。锌粉可任意地由纯锌或锌合金所组成。这就是说，锌粉和薄片不需要由相同的锌成分组成。然而，锌薄片的成分是锌粉的已知或未知的任何百分数成分。使用于较佳实施例中的锌薄片的成分为：500ppm 铅合金；铋-镉-钙合金（铋 250ppm，镉 250ppm，钙 150ppm）；或者铋-镉-铝合金（铋 250ppm，镉 250ppm，铝 80ppm），尽管其他合金自然也是可行的。在另一个较佳的实施例中，镉可以按 10-500ppm 的用量（更好在 20—200ppm 之间）被镀在一些合金上。在本发明中锌粉的成分对于本发明不是关键性的，因此用于电池的已知的任何锌或锌合金的成分都可被用来形成在本发明中使用的锌薄片。

按照本发明，阳极凝胶是一种含水碱性电解质、胶凝剂（主要或单独由交联的聚丙烯酸所组成）以及锌粉和锌薄片的组合物（作为主要组分）的均匀混合物。含水碱性电解质可以是碱金属氢氧化物，例如氢氧化钠、氢氧化钾等，或这些氢氧化物的混合物。⑧ 氢氧化钾是优先选用的。用于本发明的胶凝剂可以是交联的聚丙烯酸（例如 Carbopol 940）、羧甲基纤维素、聚丙烯酰胺、聚丙烯酸钠，或可在碱性电解质溶液中水解的其他试剂。锌粉和/或锌薄片可以是纯锌，或由适当数量的一种或多种金属组成的合金，这些金属选自镉、铅、铋、锂、钙和铝组成的组，余量为锌。纯锌或合金组成的任何组合物都可用来作锌粉末和薄片。薄片数量可以在约 5% 至约 70%（总锌浓度的重量）之间，余量为惯常的锌粉。添加的次序和组分的混合方法对于本发明来说不是关键性的。然而，重要的是：组分的混合导致薄片的非压实的均匀分布遍及无汞阳极。

本发明的胶凝剂也可含胶“核”，这是以电解质溶胀的凝胶微结构。这种胶“核”在先前技术中已为人所知，其作用是：通过移动每一锌粒使之与邻近锌粒建立更加紧密的关系来浓缩锌。虽然锌粒子是被均匀地分布在围绕胶“核”的阳极空间内，但它们当然不与胶“核”一起占据同样的空间，因此是均匀地分散在浓缩的阳极容积内。然而，胶“核”的存在或胶“核”的组成，或者其中锌的分布，以及阳极凝胶对于本发明不是关键性的，所以任何阳极凝胶组成都可被采用。

其他组分，例如气泡抑制剂、有机或无机防腐蚀剂、粘合剂、表面活性剂或其他添

加剂，可被任意地加入，同时地或分别地，直接地加于干锌混合物，也可以在掺和之前加于电解质或胶态电解质。气泡抑制剂或防腐蚀剂的实例可包括铟盐（例如氢氧化铟）、全氟烷基铵盐、碱金属硫化物等。表面活性剂的实例可包括聚环氧乙烯、聚氧乙烯烷基醚类、全氟烷基化合物等等。

业已发现，使用锌薄片和锌粉的混合物可以提供较佳的组成，因为就组合目的而言，在凝胶物料中该混合物的流动性能比只有锌薄片的流动性能要好得多。业已发现，在阳极凝胶中使用锌含量低达 9%（体积）的锌薄片的阳极凝胶的运行令人满意。目前，20% 锌薄片/80% 锌粉的组合比例是优先选用的。取决于流动性和可装填性特性，上述比例可以变动。通常，所述比例还可以根据粒子的形状和构型进行变更。较理想的是，该组合比例将给阴极上的二氧化锰的电化学势有许多匹配。取决于形状和构型，锌薄片在约 5% 至约 70%（重量）范围内和其余为锌粉末的混合物可以进行最好的阳极腔的充填，提供足够的总锌和表面可使用的锌，以及证实上述有利的结果，其包括对冲击和震动的不灵敏性。在一较佳的实施例中，锌薄片可以构成 20% 的总锌重量。至于 70%（重量）以上的水准，流动性会被降低。而对于浓度低于 5%（重量）来说，表面积和粒子对粒子以及粒子对集电体接触可能是太差的。用于本发明的阳极凝胶内的锌含量应在约 0.36g 锌/cm³ 的阳极凝胶体积和 1.56g 锌/cm³ 的阳极凝胶体积。阳极凝胶的制备方法如下：（1）把电解质溶液与锌混合——前、后或同时与其中的凝胶物料一起溶解——锌薄片构成约 5%（重量）至约 70%（重量）的锌，而锌的余量呈惯常的锌粉形式，锌粉是不规则形状的粒子，粒子尺寸的分布范围在 20 μm 至 1000 μm 之间，平均约为 200 μm，纵横（长宽）比范围为 1-7，平均纵横（长宽）比为 2（按 XY、YZ 和 XZ 矢量）；（2）充分地掺和搅拌，以便均匀地并和锌形式；（3）使所得阳极凝胶物料成形或流动成形，以便形成电化学电池的阳极，它含有非压实的均匀地分布在整个阳极中的锌薄片。

在本发明的一个较佳实施例中，可以用锌薄片、锌粉、氢氧化钾和氢氧化铟的混合物制备成具有 25%（体积）锌的锌阳极凝胶。锌薄片占锌粉和锌薄片组合总重量的 20%，余量为惯常的锌粉（大江锌 1230—Big River Zinc 1230）。薄片和粉末都含 500ppm 铅的锌合金，并且以铟进行了表面镀覆或表面沉积。锌组合物与预凝胶化的电解质进行混合，该预凝胶化的电解质包括由 35%（重量）的 38.5% 含水氢氧化钾的阳极凝胶，0.6%（重量）交联的聚丙烯酸 Carbopol[®] 940，0.05%（重量）作为粘合剂的硅酸钠以及 1%（重量）的氧化

锌所组成的组成物。

在另一个本发明的较佳实施例中，可以用单一的锌片制备成含有 9%（体积）锌的锌阳极凝胶。锌薄片为含 500ppm 铅的锌合金，并且以铟进行了表面镀覆或表面沉积。锌薄片与预凝胶化的电解质进行混合，该预凝胶化的电解质含约 63%（重量）的 38.5% 含水氢氧化钾、1.1%（重量）交联的聚丙烯酸 Carbopol[®] 940、0.1%（重量）硅酸钠（作为粘合剂）以及 1.9%（重量）氧化锌。

实施例 1

构制两批碱性电池，对用锌薄片制作的阳极凝胶和用惯常锌粉制作的对比阳极凝胶进行对照试验。在两批试验中都使用纯锌。试验阳极凝胶是由 9%（体积）锌薄片（平均尺寸为 0.024×0.024×0.001 英寸）与胶态电解质溶液混合制得的。胶态电解质溶液含约 0.6%（重量）交联聚丙烯酸（Carbopol[®] 940），余量为 38% 含水氢氧化钾。阳极容积是以围住隔离膜至集电体的内表面和阳极底至阳极顶的隔离膜的内表面之间的空间容积而测得的。在阳极含有 9%（体积）锌粉的对照 AA 型电池也是同样地构制的。所得电池进行短路电流强度试验。鉴于对照的 AA 型电池具有短路电流强度为 0.2A，而薄片 AA 型电池产生 16A 电流，因此，使用锌薄片的电池证明比之锌粉阳极电池在每克锌的截流效率方面大有改进。

实施例 2

在此实施例中，平均扁平尺寸为 0.024×0.024×0.001 英寸的锌薄片在胶态电解质中是与惯常的锌粉组合的，如在实施例 1 中所述，曾采用纯锌。在凝胶中锌的总量为 63%（重量），等同于 25.5%（体积）。在此总量锌中，锌薄片占据 10%（体积），余量为锌粉。所得电池在 3.9Ω 负载下进行持续放电。如图 4 所示，使用锌薄片的电池比之对照物具有较高的短路电流强度，以及平滑放电曲线（与之相比对照物呈现不稳定放电）。这证明使用薄片可获得较佳的电子导电性。使用锌薄片的电池还对于突然降压具有 90 分钟以上的放电时间，这归因于采用锌薄片的电池拥有较高的总锌表面积。

实施例 3

在此实施例中，含有总共 9%（体积）锌（全部处于薄片形式）的纯锌凝胶阳极被加到 AA 型电池中。对照的 AA 型电池含 28.3%（体积）锌（全部处于粉末形式）。对薄片的 AA 型电池和对照的 AA 型电池都进行 1.8Ω IEC 脉冲试验以测试工作电压性能，在

试验时把 1.8Ω 负载交替地连接于电池接线柱达 15 秒和断接达 45 秒。结果表明：在电池的使用寿命期间（定义为电池电压保持在 0.9V 以上的期限），薄片的 AA 型电池保持约 1.09V 的平均工作电压，而对照的 AA 型电池约为 0.965V。这样，用少于三分之一体积的锌，薄片阳极电池比之对照的电池在它们的使用寿命期间保持大约多 13% 电压，清楚地表明工作性能比对照的电池好，此外还显著地提高了效率。

实施例 4

图 3 是含有 9%（体积）惯常纯锌粉、9%（体积）浓缩纯锌粉和 9%（体积）纯锌薄片的电池性能的比较图。具有 9%（体积）惯常锌粉（大江锌 1230—Big River Zinc 1230）的锌阳极凝胶是通过把镀覆铜的锌粉与预凝胶化的电解质溶液均匀地混合制得的，并将其加到 AA 型圆柱形碱性电池内。

第二种具有 9%（体积）锌的锌阳极凝胶也是仅用惯常锌粉（大江锌 1230—Big River Zinc 1230），是通过把锌粉与预凝胶化的电解质溶液均匀地混合制得的，然后将其加到 AA 型圆柱形碱性电池内，浓缩成 25%（体积）接近集电体以便电接触。这第二种电池被描绘于图 6B。

第三种具有 9%（体积）锌的锌阳极凝胶全用锌薄片，是通过把锌薄片与预凝胶化的电解质溶液均匀地混合制得的。这第三种电池的结构被代表性地描绘于图 6C。描绘于图 6 中的三种电池的结构用图解方式说明了上述三种电池的结构。对三种类型的电池都进行开路电压和短路电流强度的测定。所有三种类型均具有同样的开路电压，但电流强度上大有不同：对于均匀锌粉为 0.2A；对于浓缩锌粉为 8.5A；对于均匀锌薄片为 15.6A。对这些电池按如下的参数进行高倍率脉冲试验： 1.8Ω , 15 秒接通和 45 秒断开，在 21°C 温度下到 0.90V 截止。

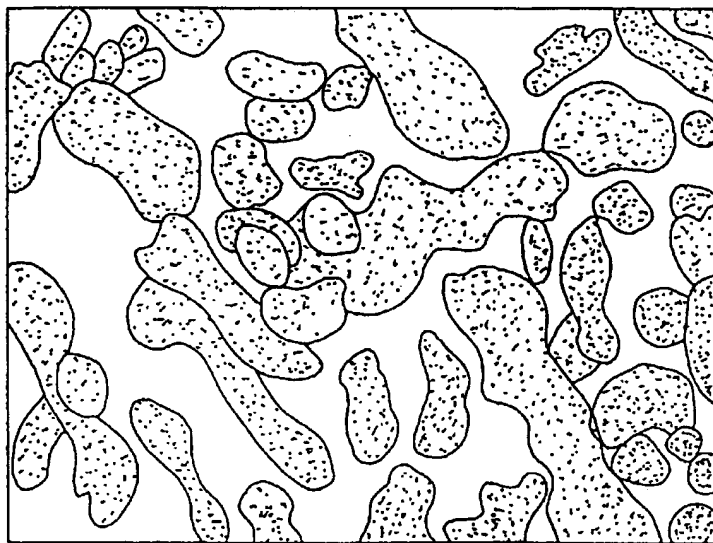
具有均匀地分散锌粉的电池在最初脉冲时便低于截止电压，如图 3 点划曲线所示。具有浓缩锌粉的电池到截止电压时呈现 147 脉冲，如图 3 短划曲线所示。具有均匀地分散锌薄片的电池到截止电压时呈现 242 脉冲，如图 3 实线曲线所示。这些结果显示锌薄片提供比之锌粉更佳的性能，即便当锌粉经过浓缩以弥补比锌薄片较差的粒子对粒子的电矩阵。

实施例 5

图 5 是在 AA 型圆柱形碱性电池的 2000mA 恒流消耗时，两种具有 25%（体积）纯

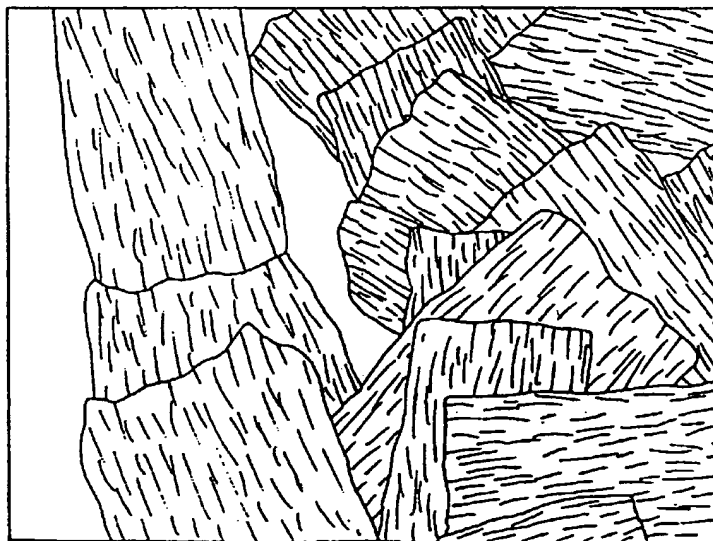
锌碱性电池所得结果的性能比较图。一种电池为对照物，全部锌为纯锌粉；另一种电池以 $0.024 \times 0.024 \times 0.001$ 英寸纯锌薄片取代 20% (重量) 的锌粉。试验是在 21°C 室温下 2000mA 恒流至 0.9V 截止电压的条件下进行的，如在电压分布图中所见，具有全部锌为锌粉的电池呈现 4.4 分到 0.90V，而具有 20% 锌为矩形锌薄片的电池呈现 11C 分到 0.9V。于是，锌薄片的使用表明对高速放电有显著的改善。

上述描述被认为是仅仅针对较佳的实施例而言的。本技术领域的技术人员以及制造或使用本发明的人会想到对本发明作出一些改进。因此，不用说附图所示和上文所描述的实施例仅是为了说明目的而已，并不是用来限制本发明范围的，本发明的范围由以下权利要求所定义，正如按照专利法原则（包括等效物原则）所解释的那样。



锌粉

图1



锌薄片

图2

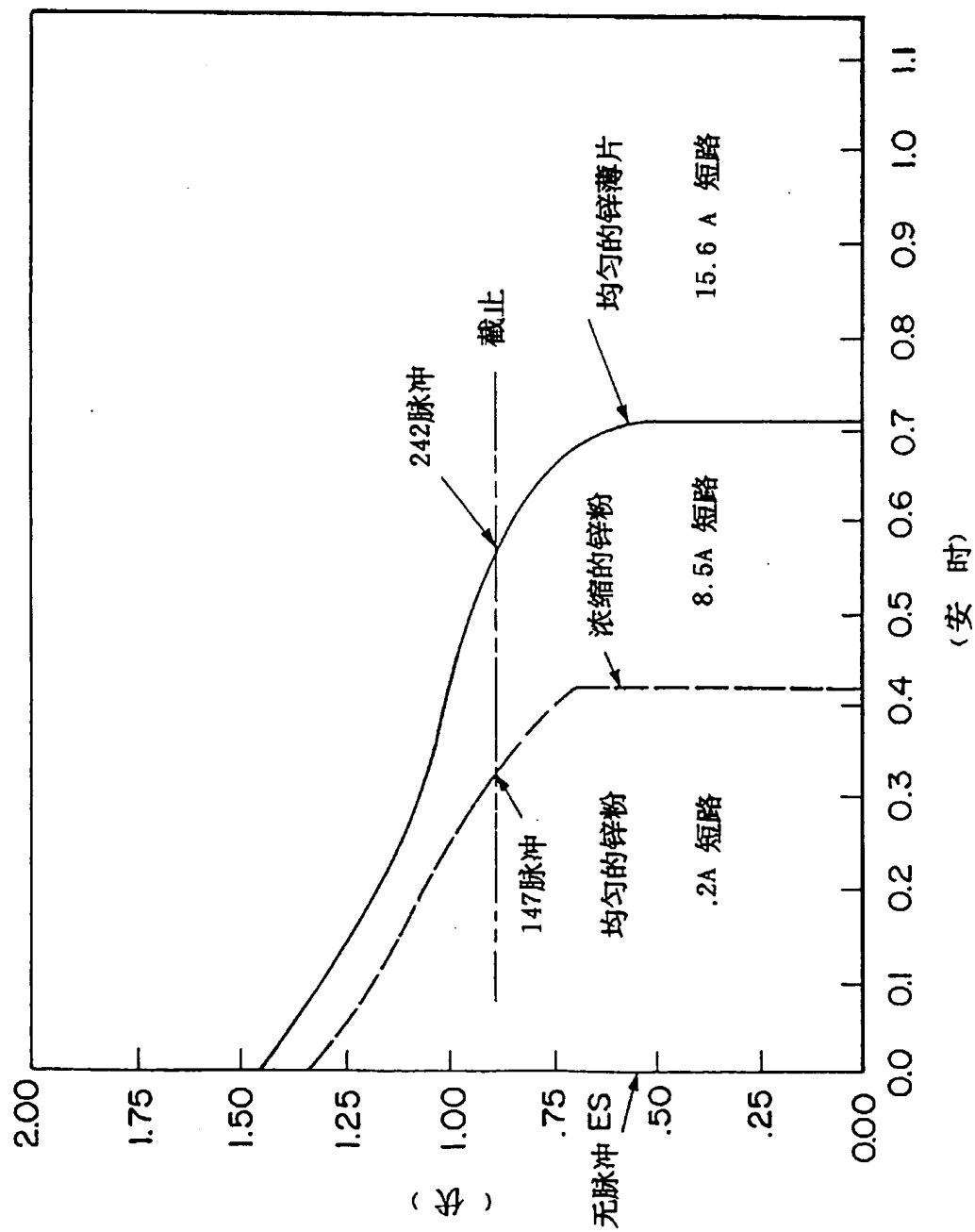
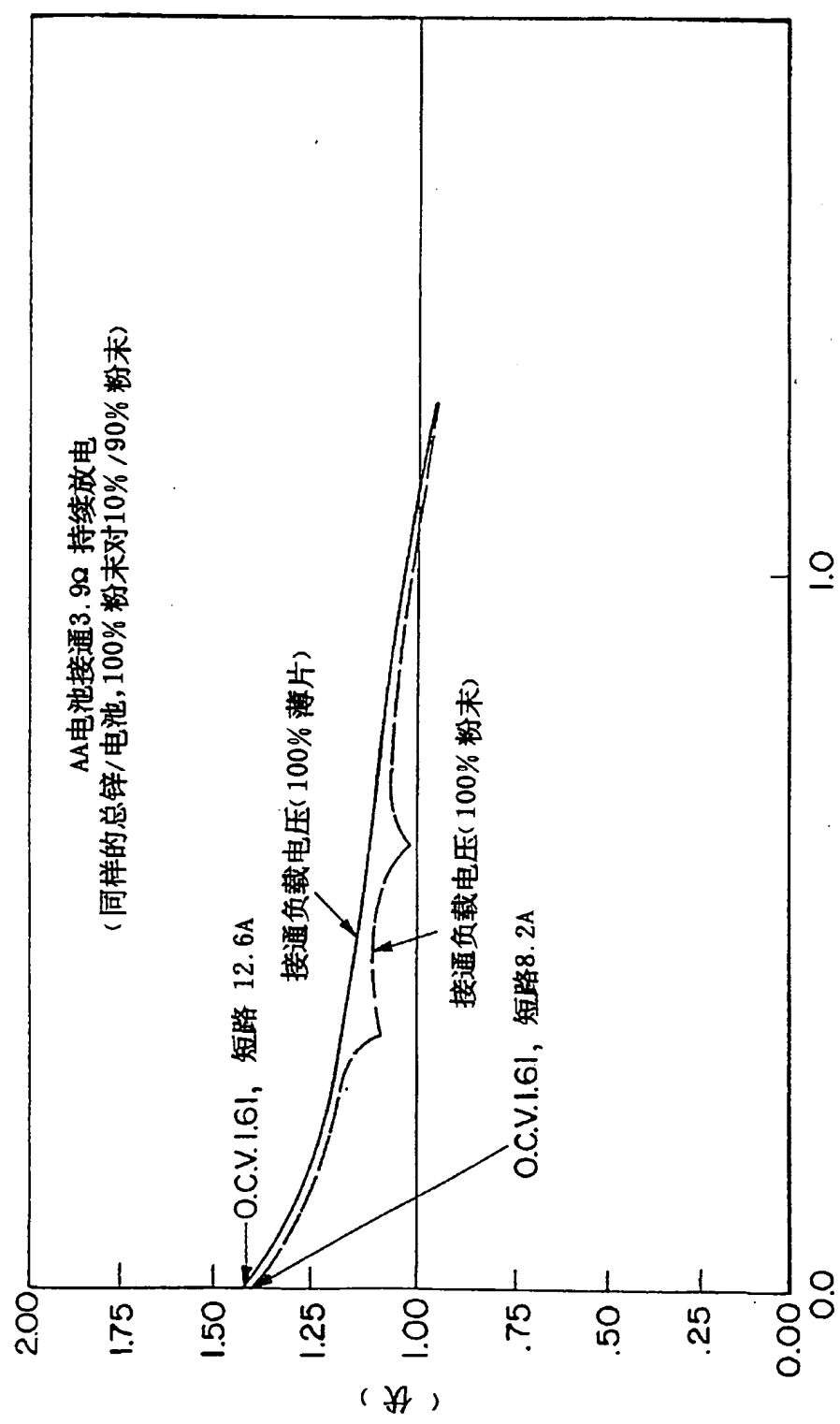


图3



(安时)

图4

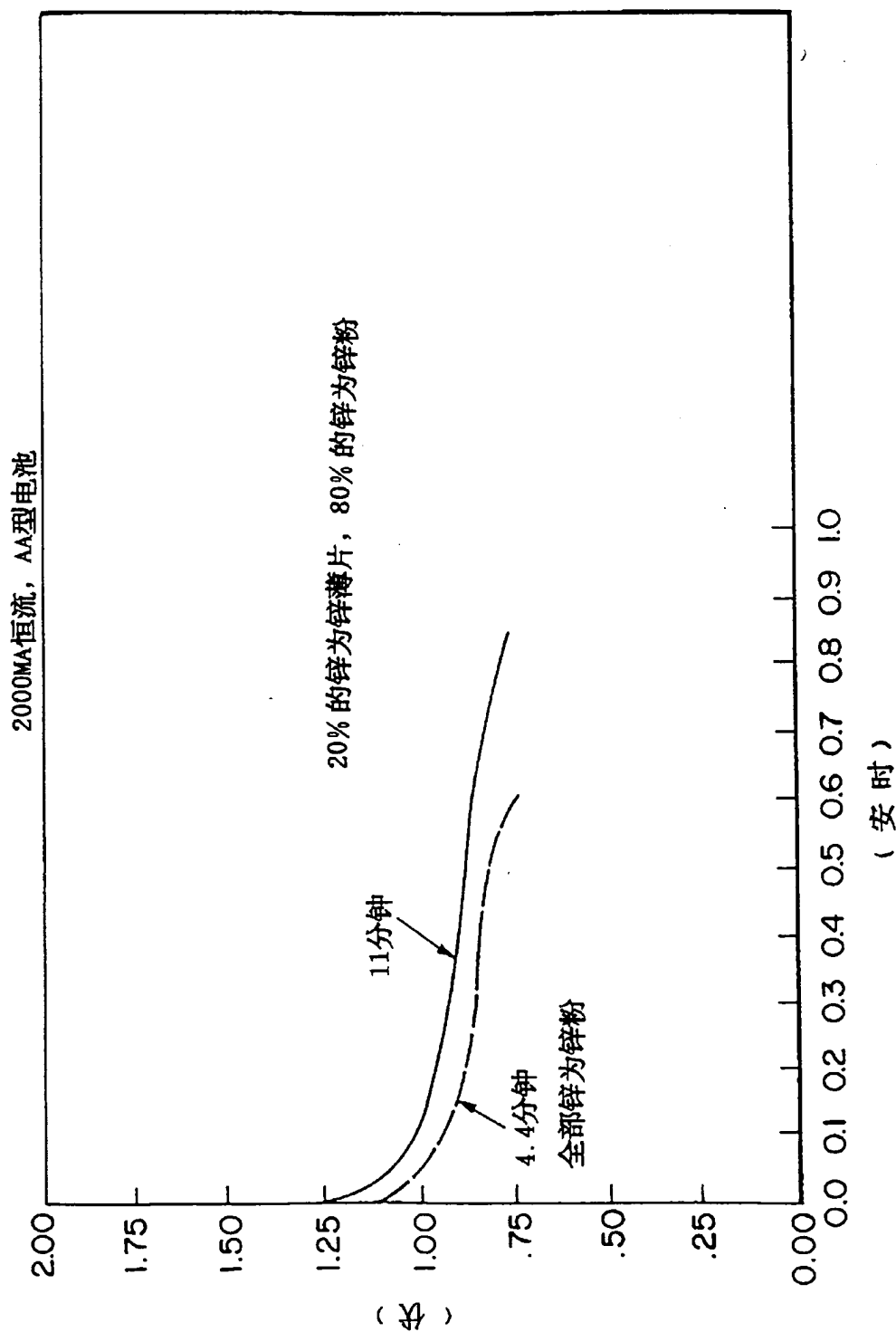
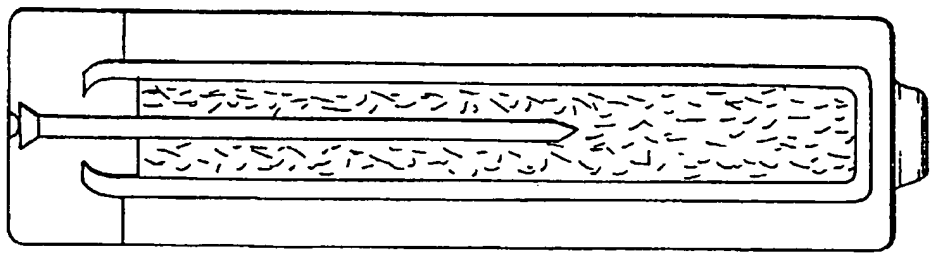
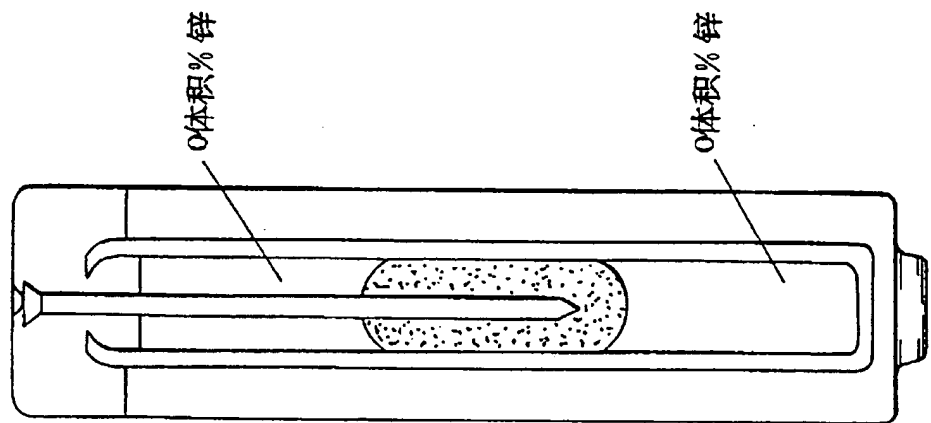


图5



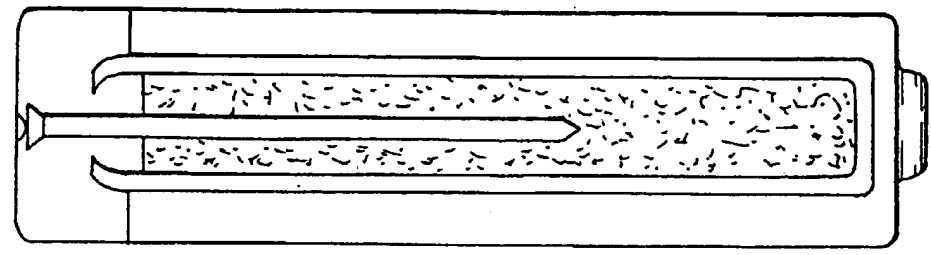
均匀的锌粉
占阳极的9体积%

图6A



锌粉
占阳极的9体积%
(25体积% 浓缩部分)

图6B



均匀的锌薄片
占阳极的9体积%

图6C